

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2528103号

(45) 発行日 平成 8 年 (1996) 8 月 28 日

(24) 登録日 平成 8 年 (1996) 6 月 14 日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N	7/24		H 0 4 N	7/13 Z
	5/14			5/14 Z
	7/01			7/01 Z

発明の数 1 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願昭61-233403	(73) 特許権者	999999999
(22) 出願日	昭和61年(1986)10月2日		アー・エヌ・テー・ナツハリヒテンテヒ ニーク・ゲゼルシャフト・ミット・ベシ ユレンクテル・ハフツング ドイツ連邦共和国バツクナंक・ゲルベ ルシュトラッセ33
(65) 公開番号	特開昭62-213392	(72) 発明者	マテイアス・ピールリンク
(43) 公開日	昭和62年(1987)9月19日		ドイツ連邦共和国ハノーヴァー1・アイ ヒストラッセ 42
(31) 優先権主張番号	8 6 1 0 3 1 5 3 . 2	(72) 発明者	ローベルト・トーマ
(32) 優先日	1986年3月8日		ドイツ連邦共和国ランゲンハーゲン1・ テンベルホーフエルストラッセ 11
(33) 優先権主張国	欧州特許機構 (E P)	(74) 代理人	弁理士 矢野 敏雄 (外1名)
		審査官	馬場 清

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フィールド補間方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下記の段階から成る、デジタルテレビジョンシーケンスの2個の送信フィールド間毎に1個以上のフィールドをそう入するための動きの補償用フィールド補間方法であって、即ち、

補間されるべきフィールドの各画素についての反覆プロセスにより変位ベクトルを発生する段階、

1つのフィールドと後続のフィールドとの間の変化を検出する変化検出器を用いて、変化しない画領域にゼロ変位ベクトルを割当てる段階、

補間されるべきフィールドに相応する画像出力信号を形成するために、合成変位ベクトルとデジタルテレビジョンシーケンスを動きの補償用補間フィルタへ供給する段階から成る、前記の補間方法において、該補間方法が次の段階から成ることを、即ち

2

階層構造変位予測を5ピクセル／フィールドよりも大きな変位に対処するために加え、反覆の第1の段階において予測されたベクトルによる動きの補償後に、合成変位ベクトルとして用いられる変位ベクトルを次の段階で更に正確に予測し、該変位ベクトルに整数成分が与えられる段階と、

対称化された動きの補償の反覆を実行し、補間フィルタが2個の伝送フィールド毎の変位ベクトルと画素により補間されるべきフィールドの各画素を補間するように、補間されるべきフィールドの瞬時位について限定される変位ベクトルを得る段階から成り、この場合、階層構造変位予測の第1段かにおいて、画像信号が低減濾波され、そして次の反覆プロセスの段階での初期値として作用する大きい測定ウィンドウが大きな変位の予測のために加えられており、階層構造変位予測の最後の段階にお

3

いて濾波されない画像信号と小さい測定ウィンドウが局部的に適用可能な変位ベクトル成分の予測のために加えられることを特徴とする、動きの補償用フィールド補間方法。

【請求項2】すべての画素を変化しない領域又は変化する領域に割当てて絶対フレーム差に加えられるしきい値操作により処理される変換検出情報を、2進変化検出マスクの変化する領域と変化しない領域の間の境界が動作中の目標物の境界に適用されるように測定ウィンドウを用いる中間フィルタにより後処理される特許請求の範囲第1項記載の方法。

【請求項3】ディジタルテレビジョンシーケンスの2個の伝送フィールド間毎に省略される1個以上のテレビジョン画像の受信側における再構成のための、特許請求の範囲第1項または第2項記載の方法の利用。

【請求項4】それぞれ2個の連続する画像からなる画像群間での1個以上の付加的フィールドの発生のための、特許請求の範囲第1項または第2項記載の方法の利用。

【請求項5】ディジタルテレビジョンシーケンスの動き補償雑音低減のための、特許請求の範囲第1項または第2項記載の方法の利用。

【発明の詳細な説明】

産業上の利用分野

本発明はディジタルテレビジョンシーケンスの省略されたフィールド再構成に適した動き補償フィールド補間方法およびその方法の利用に関する。

従来技術

ディジタルテレビジョンシーケンスにおいてフィールドの補間の問題が、フィールド周波数変換の場合に生じる。ソースコーディングを適用する場合には、非常に低い送信ビットレートでディジタルチャンネルを通じてテレビジョン信号を送信しうるようにするためにコーダーにおいて脱落されるフィールドを再構成しなければならない。CCITT研究グループXVは384Kbit/Sの伝送速度でのテレビジョンコーデクスを現在開発中である。その目的は統合サービスディジタル回路網(ISDN)を用いたビデオ会議サービスを提供することである。このデータの速度を達成するには、周知のソースコーディング技術に加えて伝送されるフィールドの数を減らす必要がある。この問題について最近提案された技術では、ハイブリッドコーディングアルゴリズムと組合せて4:1でのフィールドのサブサンプリングを使用している(クマーフェルツ他、「320および64Kbit/Sでのテレビジョン信号のコード化」、光学および電子光学応用科学および技術に関する第2回国際技術シンポジウム、カンヌ、1985年12月、(以下文献[1]という)参照のこと)。そして、受信側において3個のフィールドを2個の送信フィールド間毎に補間しなければならない。

この場合の問題はテレビジョンシーケンスの2個の連続するフィールド間で与えられた瞬時位置で1個のフ

4

ールドを発生するというのである。移動中の目標物によつてしばしば瞬時ルミナンスの変化が生じるから、最も近くにあるフィールドをそう入するという単純なフィールド反復技術ではギクシャク動く目標物が得られる

(ハスケル他、「ビデオ電話用低ビット速度インターフレームコーダー」ベルシステムテクニカルジャーナル、Vol. 54, No. 8, PP1475-1495, 1975年10月(以下文献[2]という)参照)。もう一つの簡単な方法は瞬時フィルタリングによる線形補間である(クリー、「低送信ビット速度のためのテレビジョン信号のコード化」ハノーバー工科大学博士論文、1978年(以下文献[3]という)参照)。この場合、補間されるべき画素のそれぞれについて同じ空間位置にある対応する画素の重み平均が計算される。この補間技術は、例えば背景成分の輝度変化のみによるルミナンス変化には適用できるが、動きの量によつては動きの領域ににじみが生じる。

その後、モーション補償補間(MCI)技術が開発されている(ムスマン他「画像コード化の進歩」プロシーディングス・オフ・ザIEEE・Vol. 73, PP523-548, 1985年4月(以下文献[4]という)参照)。MCI技術は動きの自然さを保存するために目標物の動きを考慮している。その主たる問題点は動きのパラメータについて充分正確な予測を与えることが困難であるということである。アルゴリズムが複雑になりすぎるのを抑えるために殆どどのMCI技術は画像面において目標物が純並進変位するという仮定に立脚している(文献[1]および、ジェイン他「変位測定およびそのインターフレーム画像コード化への応用」IEEEトランザクション・オン・コミュニケーション、Vol. COM-29, No. 12, PP1799-1808, 1981年12月(以下文献[5])、フルカワ他「ビデオ会議画像のための動きに対する補間」プロシーディングス・オフ・ザ・インターナショナル・コンファレンス・オン・コミュニケーション、1984年, PP707-710, アムステルダム, 1984(以下文献[6])およびベルクマン他「動きに対するフレーム補間」プロシーディングス・オフ・ザ・1984インターナショナルチューリツヒ・セミナー・オン・ディジタル・コミュニケーション・D2・1-D2・5、チューリツヒ1984(以下文献[7]参照)。文献[1]と[5]では画像が一定数の矩形のブロックに副分割される。1つの変位ベクトルが動く領域に属するそれぞれのブロックについて決定されており、一方文献[6]では、1個の代表的変位ベクトルがそれぞれの動く領域について決定される。文献[7]に示されるアルゴリズムは、再構成されるテレビジョンシーケンスでの動きの改善された演出を得るべく動く画像の部分的のそれぞれの画素について1個の変位ベクトルを推定するものである。

発明が解決しようとする問題点

これら従来方法においては大きな変位については対処できない。本発明の目的はそのような大きな変位に対

5

処できる方法を提供するものであり、他の目的は伝送されたフィールドではなく補間されるべきフィールドの瞬間位置について有効な特別に限定された変位ベクトルを与えることである。

本発明の課題は例えばビデオ会議コーデックにおける省略されたフィールドの再構成に適用出来る動き補償フィールド補間器の完全なアルゴリズムを提供することである。

発明の構成

上記課題は特許請求の範囲第1項記載の構成により解決される。

変化検出器と組合せた、階層構造変位予測技術では、送信側でいくつかの連続するフィールドが脱落しても、典型的なビデオ会議シーケンスでさえ生じる大きな変位に対処する。文献〔7〕のアルゴリズムとは異なり、この技術は送信されるフィールドではなく、補間されるべきフィールドの瞬間位置について有効な特別に限定された変位ベクトルフィールドを与えるものである。この変位予測技術はピアリング、「改良された安定性を有する差変位予測アルゴリズム」セコンド・インターナショナル・テクニカル・シンポジウム・オン・オブチカル・アンド・エレクトロ・オブチカルアブライド・サイエンス・アンド・エンジニアリング、カンヌ、1985年12月（以下文献〔8〕という）に示される差変位予測アルゴリズムにもとづいている。

実施例

1. 補間器の一般構成

まず、動き補償フィールド補間器の構成は変位予測器、変化検出器および動き補償補間フィルタの3個のブロックからなる。これらブロックはそれぞれの項で詳述する。そしてコンピュータシミュレーションによる180個以上のフィールドについての補間にもとづく実験結果も別の項で説明する。

2. 動き補償補間器の構成

動き補償フィールド補間器は第1図に示すように変位予測器、変化検出器および動き補償補間フィルタから成る。入力データはラインインターレースのない、フィールド内のルミナンスおよびクロミナンス成分を含むデジタルテレビジョンシーケンスである。フィールドシーケンスがラインインターレースを有する場合には、第2*40

$$DFD(x, y, \hat{D}) = S_k(x + \hat{dx}, y + \hat{dy}) - S_{k-1}(x, y)$$

上記仮定により予測 \hat{D} が真の変位ベクトル D に近ければ DFD がゼロに近づく。前記文献〔8〕では局所自乗平均変位フレーム差を最少とするような予測アルゴリズム

6

*フィールド毎に垂直フィルタリングを適用して非インターレースフォーマットを得ることができる。

補間アルゴリズムは画像面内で並進変位した目標物に限られる画像モデルにもとづいている。変位予測器は2個のフィールド間の与えられた瞬間位置で補間されるべきフィールドのそれぞれの画素についての変位ベクトルを計算する。変化検出器は画像内容の変化した領域と変化しない領域を区別する。この情報は変化しない領域内の画素にゼロ変位を割当てのために使用する。このようにこれら領域内で誤つて非ゼロと予測されるベクトルが除かれる。ルミナンスデータのみが変位予測と変化検出に用いられる。

それぞれの変位ベクトルは、2個のフィールドの2個の画素を結合しそして補間されるべき画素の空間位置を交差させるように決定される。

動き補償補間フィルタでは変位ベクトルにより結合される画素の重みづけ和が補間されるべきフィールドのそれぞれの画素について計算される。ルミナンスデータのみにより計算される変位ベクトルはルミナンス信号の補間およびクロミナンス信号の補間の両方に使用される。

3. 変位予測器

3・1 基本予測アルゴリズム

予測アルゴリズムは第2図に示すようにフィールド $k-1$ からフィールド k へとルミナンス変化のない目標物の画像面内での並進変位を仮定してつくられている。このとき、動く領域については式

$$S_{k-1}(x, y) = S_k(x + dx, y + dy) \quad (1)$$

が成り立つ。但し、 $S_{k-1}(x, y)$ は空間位置 x, y でのフィールド $k-1$ におけるルミナンス、 $S_k(x + dx, y + dy)$ はフィールド k における成分 dx, dy をもつベクトル D だけ変位した対応するルミナンスを表わす。このように動く目標物によりフレーム差信号 FD が生じる。但し

$$FD(x, y) = S_k(x, y) - S_{k-1}(x, y) \quad (2)$$

成分

$$\hat{dx}, \hat{dy}$$

をもつ予測変位ベクトル \hat{D} でこの変位を補償すれば、変位フレーム差 DFD と呼ぶ残りのフレーム差は次のようになる。

(3)

を導出している。予測された変位ベクトル成分は次のように決定される。

$$\begin{aligned}
 \hat{d}_x &= \{ E[\bar{G}_x \cdot \bar{G}_y] \cdot E[FD \cdot \bar{G}_y] \\
 &\quad - E[FD \cdot \bar{G}_x] \cdot E[\bar{G}_y^2] \} / DEN \\
 \hat{d}_y &= \{ E[\bar{G}_x \cdot \bar{G}_y] \cdot E[FD \cdot \bar{G}_x] \\
 &\quad - E[FD \cdot \bar{G}_y] \cdot E[\bar{G}_x^2] \} / DEN \quad (4a)
 \end{aligned}$$

但し分母DENは次の通りである。

$$DEN = E[\bar{G}_x^2] \cdot E[\bar{G}_y^2] - E^2[\bar{G}_x \cdot \bar{G}_y]$$

ここでは座標x, yは便宜上省いてある。

成分

$$\bar{G}_x(x, y) = \{ \delta S_k(x, y) / \delta x + \delta S_{k-1}(x, y) / \delta x \} / 2$$

$$\bar{G}_y(x, y) = \{ \delta S_k(x, y) / \delta y + \delta S_{k-1}(x, y) / \delta y \} / 2$$

(4b)

はそれぞれ座標xとyに対する2個の連続するフィールドのルミナンス信号の1次導関数の平均である。式

(4)で与えられるアルゴリズムはルミナンス信号 $S_k(x, y)$ と $S_{k-1}(x, y)$ についての画像モデルとして2次導2次元多項式を用いてとり出されている。この画像モデルのために予測の精度は文献〔8〕に述べられているように他のアルゴリズム(文献〔7〕およびカフオリオ他、「テレビジョン画像の小さい変位の測定方法」IEEETRANSACTIONS ON INFORMATICS AND SECTOR, Vol. IF-22, No. 5, PP573-579, 1976年9月(以下文献〔9〕という))と比較して改良されている。勿論デジタルビデオ処理では式(4)での期待値はある寸法の測定ウインドウにわたり加算することにより近似されねばならない。一般にこれら測定ウインドウは矩形であつて式(4)から得られる予測はこのウインドウの中心に割当てられる。また空間傾度はルミナンス信号のサンプリングにより近似されねばならない。カフオリオ他、「画像動作予測のための微分方法」、フランク編イメージシーケンス・プロセッシング・アンド・ダイナミック・シーン・アナリシス, PP104-124, シュプリンガー・フェルラク, ベルリン1983年(以下文献〔10〕という)による提案を適用すると、これら空間導関数はそれぞれxおよびy方向における2個の隣接した画素間の差の半分

で近似される。式(4)で得られるすべてのベクトル成分は最も近い整数値に切上または切下げられる。従つて非整数ベクトル成分はない。変位予測にも動き補償フィールド補間にもフィールドk-1またはフィールドkの格子エレメント間の画素の空間補間を行う必要はない。画像面内の任意の並進運動を含む信号はゼロ他、「インタレースおよび非インタレース格子からの動き補償フィールド補間」セコンドインターナショナル、テクニク・シンポジ

ウム、オン・オブティカル・アンド・エレクトロ・オブティカル・アプライド・サイエンス・アンド・エンジニアリング、カンヌ、1985年12月(以下文献〔11〕という)に示されるように整数変位ベクトル成分を用いて完全に補間できる。

3・2動き補償反覆

微分予測アルゴリズムを評価することにより得られる変位予測は、現在の動きが純並進運動に制限されていても真の変位からかなり離れたものとなることがしばしばある。これは、実際の画像信号がこのアルゴリズムの基本である数学的な画像モデルから大きく異なっているために生じる。その場合には、変位予測は後述するように予測アルゴリズムの動き補償の反覆により改善することができる。フィールドk-1内の任意の位置 x_0, y_0 からの目標物のフィールドk内の未知の位置 x_0+dx, y_0+dy への変位を示すベクトルについての予測を得るために、測定ウインドウは両フィールドについて中心が x_0, y_0 で与えられるライン内に配置される。式(4a)に必要な5個の期待値がそのような配置されたウインドウにわたる加算により近似される。成分 \hat{d}_x, \hat{d}_y の計算後に、予測はこのアルゴリズムの動き補償の反覆により改善できる。そのためにフレーム差がこれまで予測されたベクトルにより、すなわち反覆第1段階で得られたベクトルにより補償される。これはフィールドkの測定ウインドウを位置 x_0+dx, y_0+dy に移しそして再び5個の期待値を計算することにより行われる。式(4a)のフレーム差FDは次に、前に計算された成分 \hat{d}_x, \hat{d}_y の関数として式(3)で与えられる変位フレーム差DFDに変わる。更に、フィールドkに属するすべての項が $S_k(x, y)$ の空間導関数を含む変位位置からとり出されなければならない。この第2段階で計算される変位ベクトルは第1段階の反覆で得られたベクトルに加算される。この操作が十分に正確な予測となるまでくり返される。

第3A図に示すフィールドk-1のすべての画素に適用されるこの反覆技術はフィールドk-1について固有の変位ベクトルフィールドを得る。しかしながら、これはフィールドkのすべての画素に変位ベクトルを割当てるものではない。フィールドkに固有のベクトルフィールドを得るために、フィールドkに置かれた測定ウインド

9

ウは固定され、フィールド $k-1$ のそれは第3B図に示すように動き補償反復において変位される。

3・3 対称化動き補償の反復

テレビジョンシーケンスの2個の連続するフィールド間の任意の暫定位置におけるフィールドの動き補償補間について、補間されるべきフィールドについての特別に限定された変位ベクトルフィールドが必要である。3・2項に述べた反復技術を用い、フィールド $k-1$ またはフィールド k について限定されたベクトルフィールドが得られる。このように補間されるべきフィールドのすべての画素へ変位ベクトルの割当てを行わない。この問題を解決するために、ペーヤー、「最少評価誤差変数を有するテレビジョン画像信号用の変位—評価方法」学位論文、ドイツ、ハノーバー大学、1985年（以下文献〔12〕という）に示される対称化反復技術を用いる。文献〔12〕の技術は第3C図のフィールド $k-1$ とフィールド k の間の中心にある暫定位置にあるフィールドについて説明している。動き補償反復の第2段階において、両方の測定ウィンドウが互いに変位して配置される。この例において、フィールド k のウィンドウは、位置 $x_0 + \Delta x/2$, $y_0 + \Delta y/2$ に移され、フィールド $k-1$ のそれは $x_0 - \Delta x/2$, $y_0 - \Delta y/2$ に移される。このように変位ベクトルが得られそれはフィールド $k-1$ からフィールド k へ移される目標物を接続しそしてベクトルが予測されるべき空間位置 x_0 , y_0 と交わる。この方法は2個の連続するフィールド間の他の暫定位置にあるフィールドにも適用できる。この対称化反復技術は与えられた暫定位置で補間されるべきフィールドのすべての画素について固有に限定される変位ベクトルフィールドが得られる。

フィールドの格子素間の画素の空間は補間を避けるために両測定ウィンドウは反復の各段階において整数個の画素だけ移されねばならない。かくして、第3C図の例においては測定ウィンドウを互に対称的に移すことによる動き補償の反復は常に変位ベクトル成分すなわち2画素の倍数のベクトル成分を得る。フィールド k と $k-1$ との間の中心でない暫定位置においては変位ベクトル成分用のとりうる値群は更に制限を受ける。例えば、フィールド $k-1$ に対して4分の1フィールドの距離のところの暫定位置においてはベクトル成分は4画素の倍数となる。この問題を避けるために、2個の与えられたフィールド間毎の3個のフィールドの動き補償補間用の特別な処理が6・2項に述べるように用いられる。

3・4 空間的および暫時的リカーシオン

十分に精確な予測を得るに必要な反復の回数をリカーシオン (recursion) 技術を用いることにより減少させることができる。リカーシオン予測は3・2項で述べた反復の第2段階と同様にスタートする。空間的リカーシオンについては隣接する画素について予め計算された変位ベクトルにより得られる初期予想が第1動き補償段階に対して作用する。このように更新項のみが決定されて

10

初期ベクトルに加えられる。この技術は例えばニトラバリ他、「動き補償テレビジョンコーディング—パートI」ベルシステム・テクニカル・ジャーナルVol. 58, PP631-670, 1979年3月（以下文献〔13〕という）に示されている。暫時的リカーシオンは画像シーケンスの前のフィールドについて決定された変位ベクトルフィールドを用いることにより行われる。パキン他、「時間に依存して変化する画像内の変位ベクトルフィールドの予測のための空間—瞬間的傾度方法」コンピュータ・ビジョン・グラフィックス・アンド・イメージプロセッシング21, PP205-221, 1983（以下文献〔14〕という）に開示されるアルゴリズムはこの技術を使用する。空間的リカーシオンおよび暫時的リカーシオン技術は共に目標物の境界での非静止、移動目標物の場合の予測誤差伝達の危険を含んでいる。

ここではこれらのリカーシオン技術は動き補償補間アルゴリズムにおいて考慮されていない。

3・5 階層構造変位予測装置

微分変位予測装置の最も重要なパラメータの一つは期待度の近似のために用いられる測定ウィンドウの寸法である。使用可能な最大のウィンドウは画像全体をカバーするものであり、例えばパンする場合のように全画像内容が一つの移動目標物として変位されるときには充分な変位予測を得る。しかしながら、動き補償補間には各画素での現在の動きを局部的に近似する予測が数個の移動目標物により生じる変位の平均値よりもむしろ必要である。他方、例えば 3×3 画素のような非常に小さいウィンドウを用いれば予測は信頼性の低いものとなる傾向がある。大きな変位の場合には、テレビジョンシーケンスの2個の連続するフィールド内に置かれたこれら小さいウィンドウの内容間には対応性がないことがある。すなわち、これらウィンドウは2個の全く異つた画像部分を含み、そして微分予測アルゴリズムの評価が無意味となる。測定ウィンドウの内の1個によつてのみカバーされる移動目標物についての変位ベクトルの微分予測は不可能である。更に、小さいウィンドウを用いた場合、期待度はほど不十分であり、せいぜい1個または2個の画素の変位に対処できるにすぎない。このように、大きな変位に対処するには大きな測定ウィンドウが必要である。他方、小さいウィンドウは十分に局部的な適応性を要求される。

この問題を解決するために、階層構造変位予測器が開発されている。第1段階においては3・2項および3・3項で述べたような大きなウィンドウ寸法をもつ場合の動き補償反復が適用される。画像信号はこれらの第1段階でFIR低域フィルタによつて濾波される。反復の一つの段階から他の段階へとウィンドウ寸法を減少させそして濾波量を減少させる。反復の第1段階は大きな変位に対処する。濾波は予測アルゴリズムの基本である画像モデルに整合した画像信号を与える。このように予測は信

11

頼度を上げるためには精度が低くなる。反覆の第1段階で予測されたベクトルによる動き補償の後に残りの変位が次の段階でより精確に予測されなければならない。予測誤差を小さくするためにより小さい残留変位、より小さいウィンドウ寸法が選ばれる。予測されるべき実際の変位に近づく、アルゴリズムは濾波されない画像信号について評価される。

反覆の第1段階での計算上の複雑さを抑えるために画像信号はFIR濾波により達成される帯域制限に従って空間的に副サンプリングされる。これは、測定ウィンドウに含められる画素の数が各段階において同一となるようにして行われる。但し、ウィンドウによりカバーされる画像の部分は反覆段階毎に異なる。

4. 変化検出器

4・1 変化検出の原理

変化検出器は2個の連続するフィールドの一時的に変化する領域と変化しない領域を区別する。これらフィールドの画素の変化した領域への割当ては変化しない領域内の固有の雑音によりしばしば誤つたものになる。変化検出器の目的は一時的な変化が目標物の動きまたは照明の変化により生じたかあるいは雑音により生じたかを決定することである。

このための従来の変化検出アルゴリズム（文献〔2〕および〔13〕）はこれらフィールドのすべての画素についてのフレーム差を評価する。フレーム差が与えられたしきい値を越えると、その画素が変化したものとして、他が変化しないものとされる。このように、変化検出器は2個の連続するフィールドの変化した領域と変化しない領域を示す2進マスクとなる。

しかしながら、この検出方法は雑音の発生により影響される。すなわち、画素が変化した領域に割当てられるにも拘らず変化しない領域に属している場合あるいはその逆の場合が生じる。この問題を解決するために、フレーム差が測定ウィンドウにわたり加算され、それが与えられたしきい値と比較される（文献〔2〕および〔3〕）。この操作は動く目標物により事実上生じるよりも著しく大きい変化した領域を有する2進マスクあるいは変化した領域と変化しない領域の間でばやける境界の問題を生じさせる。

第4図は例として1次元信号を用いる変化検出を示す。目標物はフィールド $k-1$ からフィールド k まで変位 dx だけ動いている。絶対フレーム差は無雑音信号を仮定してゼロしきい値と比較され、結果としての変化検出マスクが変化する領域と変化しない領域を区別する。このマスクはフィールド $k-1$ 内の目標物の左側境界部として境界を有する。

4・2 変化検出アルゴリズム

第5図はフレーム差を決定すると共に、しきい値操作、単一の不確定画素の除去、中間濾波および単一画素の除去を行う変化検出器のブロック図である。

12

まず、フィールド k と $k-1$ の間のフレーム差が式（2）で示されるように計算される。それぞれの画素についての絶対フレーム差を独立的に評価し、3つの状態の1つ、すなわち不変 $C_1=0$ 、変化 $C_1=1$ または不確定 $C_1=X$ が画像のそれぞれの画素に割当てられる。不確定状態 $C_1=X$ を用いて雑音により生じる誤つた決定がこの第1処理段階で回避できる。それ故、不確定状態は以降の操作では別途扱われる。

画素は絶対フレーム差が或るしきい値 T_1 より小さいとき不変状態に割当てられ、これが $T_2 (>T_1)$ より大であるとき変化状態に割当てられる。残りの画素は不確定状態に割当てられる。しきい値 T_1 と T_2 の選択は画像シーケンス内の雑音の振幅に適合しなければならない。

変化した画素と不変画素の間の区別のみを行う2進マスクを得るために、単独の不確定画素の除去が行われそして非単独不確定画素は変化領域に割当てられる。ある画素が1つのタイプすなわち変化、不変または不確定のものであつて少なくとも6個のそれに隣接する画素が他のタイプ、すなわち不変または変化であるとき、その画素を単独と呼ぶ。このように単独不確定画素のそれぞれは隣接する画素が変化形のとき不変領域にあるいは隣接する画素が不変形のとき変化領域に割当てられる。残りの不確定画素は変化領域に割当てられる。ここに2個の伝送されるフィールドのそれぞれの画素について変化画素と不変画素との間の区別を行う2進マスクが出来る。

次の段階において $N \times N$ 画素の寸法をもつ測定ウィンドウを用いて中間濾波が適用される。マスクの $N/2+1$ 画素が変化領域に属する場合には、このウィンドウの中心の画素も変化領域に割当てられあるいはその逆となる。このフィルタは単純な計数操作として実現できる。この中間濾波は変化領域と不変領域の境界をスムーズなものにする。更に前の段階で誤決定された小さい領域が修正される。

上記最後の段階、すなわち単独画素の除去、において、更に残りの単独画素は隣接する画素の状態に再び割当てられる。

5. 動き補償補間フィルタ

動き補償補間フィルタは2個の伝送されるフィールドおよび予測された水平および垂直変位ベクトル成分（第1図）とにより補間されるべきフィールドのそれぞれの画素を計算する。積分変位ベクトル成分（3・1項参照）のために、このフィルタは2係数-空間-テンポラルフィルタとして実現される。

位置 x, y について予測された積分変位ベクトル成分を用いて、まず伝送されたフィールドの対応する画素のアドレスが決定される。これらは補間されるべきフィールド内の位置 x, y にある画素を計算しなければならない。変位ベクトルと2個の画素が補間されるべきフィールドと伝送されるフィールドとの間の暫定的な距離に対応する重みをつけられる。次に補間されるべき画素がこれら

13

2個の重みづけされた画素の和から得られる。

第6図はMCI-フィルタアルゴリズムの動作を例示している。伝送されるフィールドはフィールド $k-1$ について関連暫定位置 $t=0$ をそしてフィールド k について $t=1$ を有する。暫定位置 $t=\tau$ (但し $0 \leq \tau \leq 1$)はフィールド $k-1$ に対する補間されるべきフィールドの暫定的距離に対応している。補間されるべきフィールドのそれぞれの画素は変位ベクトル成分と暫定位置 τ の関数として次のように計算される。

$$S(x, y, \tau) = \{1 - \tau\} \cdot S_{k-1}(x - \tau \cdot \Delta x, y - \tau \cdot \Delta y) + \tau \cdot S_k(x - \{1 - \tau\} \cdot \Delta x, y - \{1 - \tau\} \cdot \Delta y) \quad (5)$$

但し $0 \leq \tau \leq 1$

ルミナンスデータのみにより予測された変位ベクトルはクロミナンス信号の補間にも使用される。

6. 実験結果

6・1 テストシーケンス

本発明の動き補償フィールド補間器はコンピュータシミュレーションにより実験的に考察されている。フィールド周波数50Hzの2個の150フィールドからなる「トレバ (Trevor)」と100フィールドの「スプリットスクリーン」からなる代表的なビデオ会議シーンが用いられた。これらシーケンスはビデオ会議コーデックスの試験用にヨーロツバCOST211ピシミュレーションサブグループにより選ばれている。オリジナルのシーケンスはルミナンス成分 (Y) について13.5MHz、各クロミナンス成分 (R-Y, B-Y) についても6.75MHzでサンプリングされ、8ビット/サンプルで均一に量子化された。補間器のシミュレーションについてはルミナンス成分およびクロミナンス成分の水平解像度はオリジナルのサンプリング速度の半分とされた。このようにすべてのルミナンスフィールドは288ラインで構成され、312画素/ラインであり、またクロミナンスフィールドは288ラインで、156画素/ラインであった。データ圧縮の目的でフィールド周波数は送信側における4フィールド中の3フィールドの省略により12.5Hzに低減される。ライン・インターリーブの効果は連続するフィールド中の奇数番を脱落させた結果考慮されていない。受信側では省略されたフィールドが本発明の動き補償補間により再構成される。最後に再構成されたシーケンスが標準ビデオモニタでのその表示のために第2フィールド毎の垂直濾波により標準のライン・インターリーブフォーマットに変換される。

6・2 シミュレーションパラメータ

2個のフィールド間の非中心暫定位置で対称化動き補償反復技術を用いた変位ベクトル成分の整数予測による問題は特殊な順序でのこれらフィールドの補間により減少する。まず、3個の省略されたフィールドの第2番目のものが中心位置となる暫定位置においてそれ自体により補間される。次に残りの2フィールドがここで本来伝

14

送されたフィールドの1個と前に補間されたフィールドとの間の中心となつた暫定位置において補間される。ルミナンスデータのみが変位ベクトルフィールドと変化検出マスクの計算に用いられる。変位ベクトルフィールドはルミナンスフィールドの補間およびクロミナンスフィールドの補間の双方に用いられる。

変位予測のためのパラメータを第1表に示す。

第 1 表						
段階	WV, WH	F	SF	I	GV, GH	
1	65, 65	FIL1	4	3	8, 8	
2	27, 27	FIL1	4	3	4, 4	
3	13, 13	FIL2	2	3	2, 2	

但しWV, WH=矩形測定ウインドウ (画素内) の高さおよび幅

F=画像信号の帯域制限用フィルタの各称。

SF=測定ウインドウの画像内容のサブサンプリングファクタ

I=各段階で行われる反復の数

GV, GH=変位ベクトルフィールドの予測を要する格子に属する画素間の垂直および水平方向距離

画像信号の帯域制限用に用いられるFIRフィルタのバルスレスポンスを第2表に示す。

第 2 表	
フィルタ	バルスレスポンス
FIL1	-13, -9, 8, 37, 66, 78, 66, 37, 8, -9, -13
FIL2	13, -1, -25, -1, 79, 126, 79, -1, -25, -1, 13

変位予測アルゴリズムは階層構造と対称化動き補償反復技術の組合せを用いて評価される。それぞれのパラメータを有する3段階が用いられる。各段階において、3回の反復が行われる。変位ベクトルはそれぞれの段階でのすべての空間位置についてではなく特定の画素の小群についてのみ予測される。他の画素についてはベクトルはベクトルフィールドの予測を要する矩形格子に属する最も近い4個のベクトルの距離で重みのついた平均を計算することによる双方向補間によつて得られる。変位ベクトル成分の大きさはxおよびy方向において60画素に限定される。

6・3 結果の考察

本発明の動き補償補間器により再構成されるシーケンスを動き補償のない場合に得られる結果と比較する。このためにこれらシーケンスは実時間画像表示システムを用いてビデオモニタに表示された。線形補間により得られるシーケンス並びにフィールドくり返しにより発生されるシーケンスは可視的劣化が認められる。画品質は比較的大きな動きにより劣化する。動作補償補間技術は動作の自然感を広く保持した、鮮明な動く目標物を与える。

発明の効果

このようにデジタルテレビジョンシーケンスにおけ

15

る動き補償フィールド補間のためのアルゴリズムが提供される。動き補償のない線形補間およびフィールド反復技術ではぼけおよび不自然な動きのような可視的な劣化が認められる。これらの結果を回避するために、目標物の動きが考慮されねばならない。

本発明の階層構造変位予測器は動き補償の反復により大きな変位を処理することができる。この階層構造の第1段階における画像信号の低域濾波を備えた大きな測定ウィンドウについての予測アルゴリズムの評価は予測結果の信頼性を高めるものである。大型ウィンドウによる計算上の複雑さは帯域濾波による濾波画像内容のサブサンプリングにより低減できる。対称化反復技術は補間されるべきフィールドについて限定される変位ベクトルフィールドを与えることができる。不変領域内の誤った非ゼロベクトルはジッタの原因となる。これらは特殊な変化検出器により抑制される。動き補償補間用にこれらベクトルフィールドを用いることにより、動作のほん訳は従来の補間技術と比較して著しく改善される。

本願の補間方法は整数変位ベクトル成分を用いて2個の伝送フィールド毎の間に数個のフィールドの鮮明な再構成を可能にするものである。シーケンスの第4フィールド毎にのみ伝送する場合についてのコンピュータシミュレーションにより補間されたほぼ200フィールドの評価によれば、動作の自然感が広範囲に保持されることがわかった。いくつかの残りの可視的な欠陥は変位ベクト*

16

*ルにより十分に近似されない60画素以上の大きな変位あるいは非ほん訳動作によるものである。

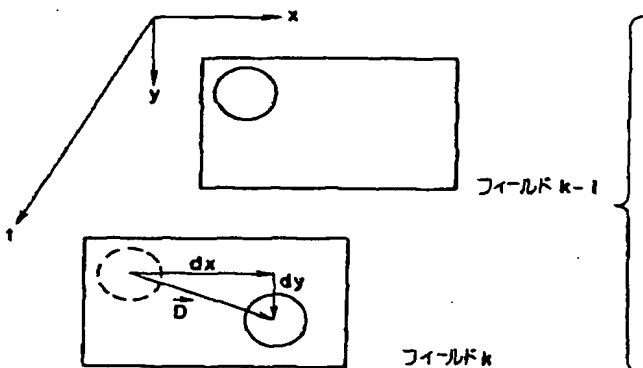
本発明の補間器により達成される著しく改善された画品質は比較的複雑なアルゴリズムを必要とする。

本発明の方法やデジタルテレビジョンシーケンスの2個の伝送されるフィールド間で省略された1個以上のテレビジョン画像の受信側での再構成、2個の連続する画像間に1個以上の付加フィールドの発生およびデジタルテレビジョンシーケンスの動作補償雑音の低減に用いることができる。

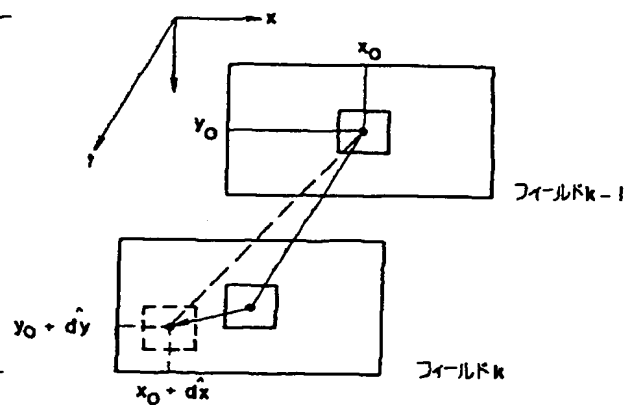
【図面の簡単な説明】

第1図は動き補償補間器の原理図、第2図はテレビジョンシーケンスにおける中間変位を示す図、第3A図、第3B図、第3C図は変位測定ウィンドウを用いた変位予測用動き補償の反復を示す図であつて、第3A図はフィールドk内の測定ウィンドウの変位、第3B図はフィールドk-1における測定ウィンドウの変位、第3C図は測定ウィンドウが互に対称的に変位する場合をそれぞれ示す図、第4図は1次元信号の場合の変化検出を例示する図、第5図は変化検出器のブロック図、第6図は動き補償補間フィルタであつて、補間されるべきフィールド内の x_0 , y_0 における画素を変位ベクトルDにより結合されるフィールドkとk-1内の画素の重みづけ和によつて計算するごとくしたものを示す図である。

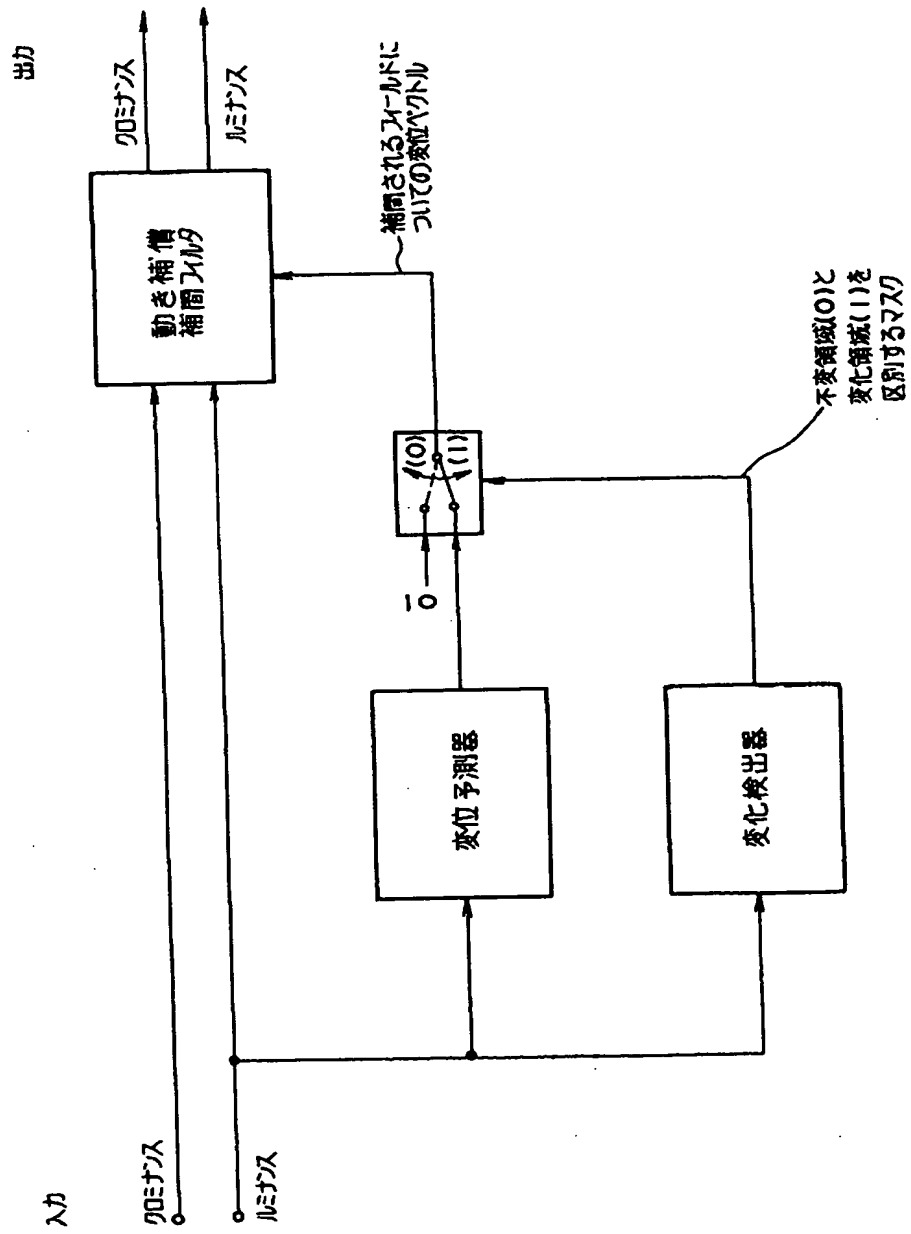
【第2図】



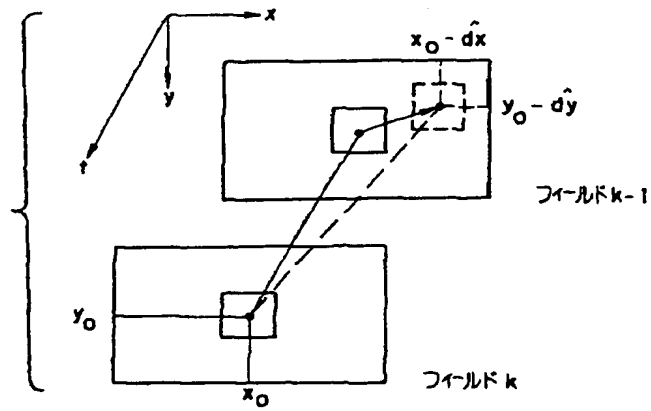
【第3A図】



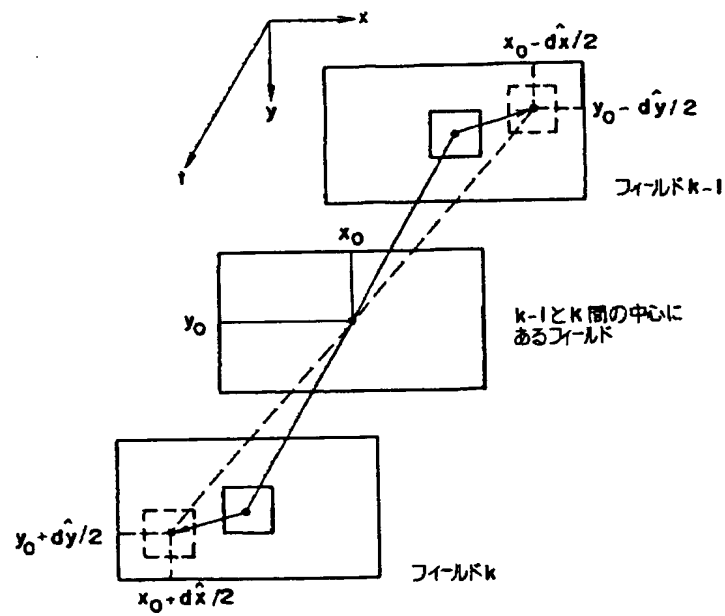
【第1図】



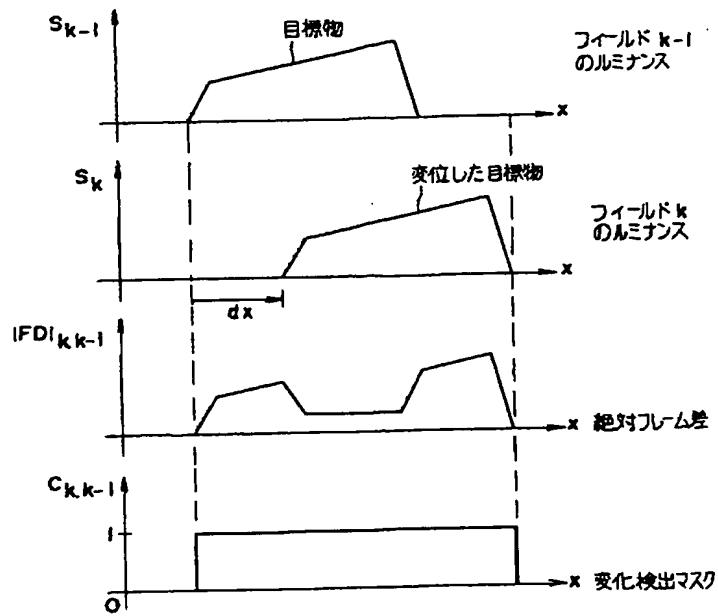
【第3B図】



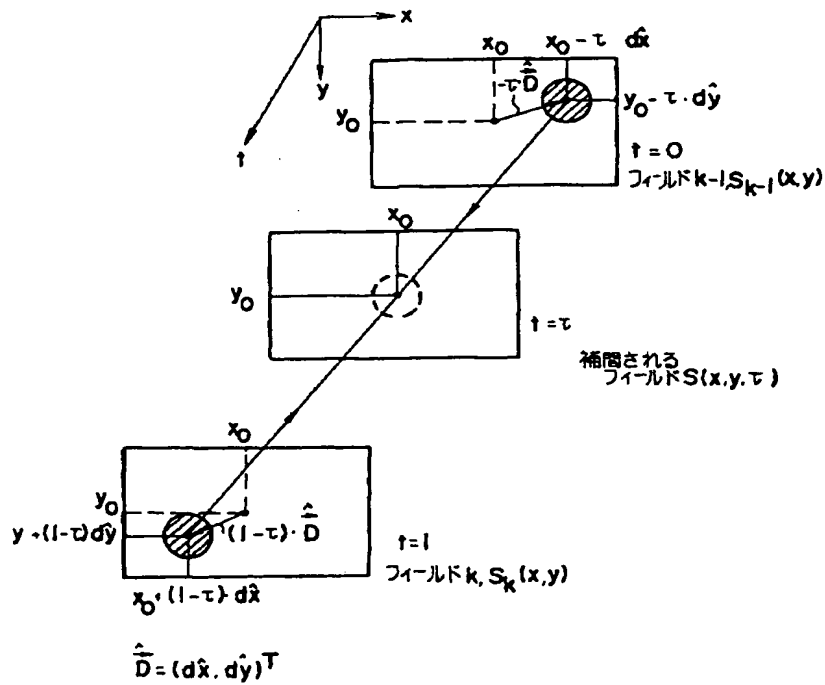
【第3C図】



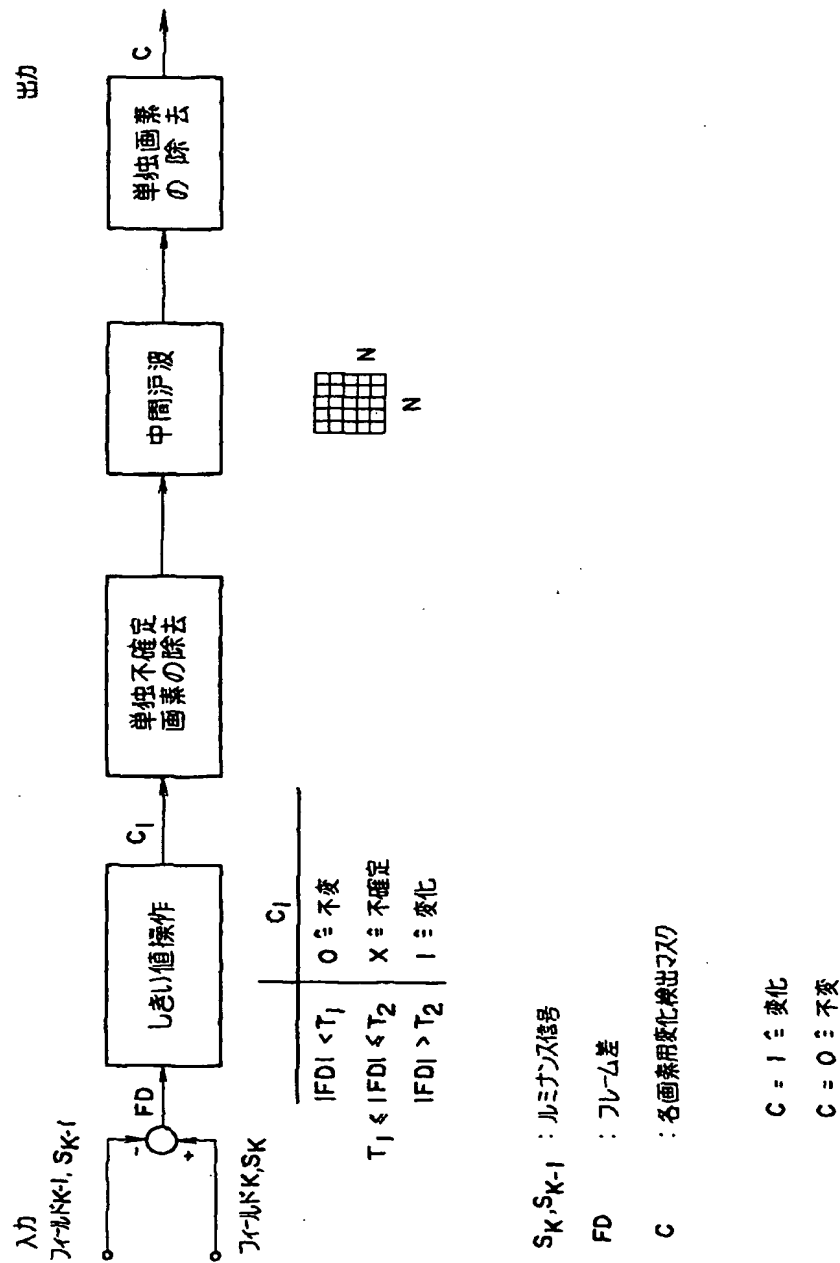
【第 4 図】



【第 6 図】



【第 5 図】



フロントページの続き

(72) 発明者 ハンス・ゲーオルク・ムスマン
 ドイツ連邦共和国ザルツギッターバー
 ト・ハツケンローゼンヴェーク 24

- (56) 参考文献 特開 昭60-206287 (J P, A)
 米国特許4383272 (US, A)
 IEEE TRANSACTIONS
 ON COMMUNICATIONS
 COM29 [12] (1981) P. 1799-
 1808